

**JP5112842A 19930507 NI-CR ALLOY LOW IN EXPOSING PROPERTY AND GOOD IN ALKALI CORROSION RESISTANCE** Assignee/Applicant: SUMITOMO METAL IND

Inventor(s) : YAMANAKA KAZUO ; KAJIMURA HARUHIKO Priority (No,Kind,Date) :

JP27282991 A 19911021 X Application(No,Kind,Date): JP27282991 A 19911021 IPC: 5C 22C 30/00 A Language of Document: NotAvailable Abstract:

PURPOSE: To provide an alloy low in exposing properties and excellent in alkali corrosion resistance.

CONSTITUTION: (1) This cover is an Ni-Cr alloy having a chemical compsn. constituted of, by weight, 0.012 to 0.070% C,  $\leq 1.0\%$  0.50% Ti and the balance Fe with inevitable impurities, in which Cr carbides are precipitated in the grain boundaries as well as a structure free from Cr depleted layers is formed in the vicinity of the above grain boundaries and having low exposing properties and good alkali corrosion resistance. In addition to the above components, alone or in total, 0.5 to 5.0% of one or more kinds among Mo, W and V may furthermore be incorporated therein. (2) The alloy having the above chemical compsn. is subjected to prescribed working and is thereafter subjected to primary heat treatment of holding the above alloy to the temp. range of the perfect soln. temp. ( $T^{\circ}\text{C}$ ) of the carbides in the alloy or above to  $T + 100^{\circ}\text{C}$  or below for  $\geq 1\text{min}$  and secondary heat treatment at a temp. and for holding time in the shadowed portion shown by the figure.

**Legal Status:** There is no Legal Status information available for this patent

---

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-112842

(43)公開日 平成5年(1993)5月7日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
C 2 2 C 30/00		6919-4K		
19/05	Z	8928-4K		
C 2 2 F 1/10	H	9157-4K		

審査請求 未請求 請求項の数4(全 9 頁)

(21)出願番号 特願平3-272829

(22)出願日 平成3年(1991)10月21日

(71)出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72)発明者 山中 和夫

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号住

友金属工業株式会社内

(72)発明者 梶村 治彦

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号住

友金属工業株式会社内

(74)代理人 弁理士 穂上 照忠

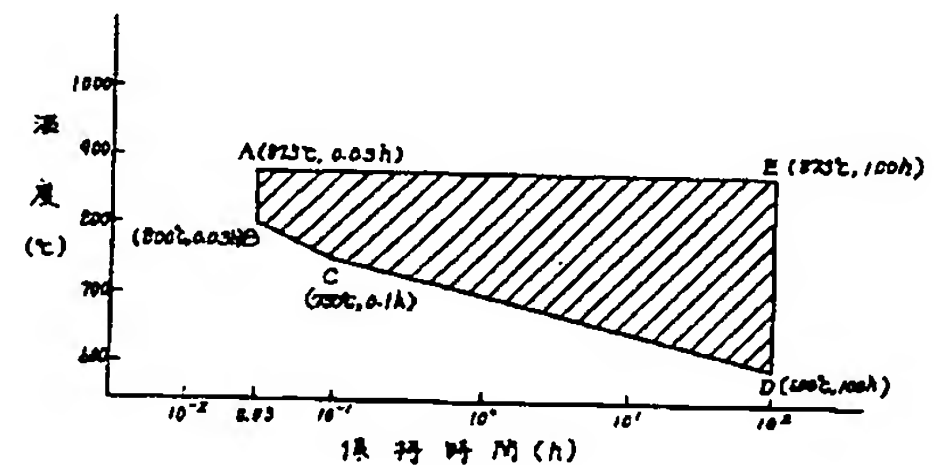
(54)【発明の名称】 低被曝性で耐アルカリ腐食性の良好なNi-Cr合金

(57)【要約】

【目的】低被曝性で耐アルカリ腐食性に優れた合金とその製造方法を提供する。

【構成】(1)重量%で、C:0.012~0.070%、Si:1.0%以下、Mn:0.25%以下、Cr:20以上で25%未満、Ni:30~50%、Al:0.5%以下、Ti:0.01~0.50%、残部Feおよび不可避不純物から成る化学組成と、Cr炭化物が結晶粒界に析出しており、しかもこの粒界近傍にCr欠乏層がない組織とを有する低被曝性で耐アルカリ腐食性の良好なNi-Cr合金。上記の成分に加えて更に、Mo、W、およびVの中の1種以上を単独または合計で0.5~5.0%含有してもよい。

(2)上記の化学組成の合金に所定の加工を施した後、それらの合金の炭化物の完全固溶温度(T℃)以上でT+100℃以下の温度範囲に1分以上保持する第1の熱処理と、添付の図1に示す斜線部の温度および保持時間での第2の熱処理とを施すことを特徴とする上記合金の製造方法。



【特許請求の範囲】

【請求項1】重量%で、C:0.012~0.070 %、Si:1.0%以下、Mn:0.25 %以下、Cr: 20以上で25%未満、Ni: 30~50%、Al:0.5%以下、Ti: 0.01~0.50%、残部Feおよび不可避不純物から成る化学組成と、Cr炭化物が結晶粒界に析出しており、しかもこの粒界近傍にCr欠乏層がない組織とを有する低被曝性で耐アルカリ腐食性の良好なNi-Cr合金。

【請求項2】重量%で、C:0.012~0.070 %、Si:1.0%以下、Mn:0.25 %以下、Cr: 20以上で25%未満、Ni: 30~50%、Al:0.5%以下、Ti: 0.01~0.50%、残部Feおよび不可避不純物から成る化学組成の合金に所定の加工を施した後、その合金の炭化物の完全固溶温度(T℃)以上でT+100℃以下の温度範囲に1分以上保持する第1の熱処理と、添付の図1に示すA点とB点、B点とC点、C点とD点、D点とE点、およびE点とA点をそれぞれ結ぶ直線で囲まれる領域内の温度および保持時間での第2の熱処理とを施すことを特徴とする請求項1の合金の製造方法。

【請求項3】重量%で、C:0.012~0.070 %、Si:1.0%以下、Mn:0.25 %以下、Cr: 20以上で25%未満、Ni: 30~50%、Al:0.5%以下、Ti: 0.01~0.50%、更に、Mo、W、およびVの1種または2種以上合計で: 0.5~5.0%、残部Feおよび不可避不純物から成る化学組成と、Cr炭化物が結晶粒界に析出しており、しかもこの粒界近傍にCr欠乏層がない組織とを有する低被曝性で耐アルカリ腐食性の良好なNi-Cr合金。

【請求項4】重量%で、C:0.012~0.070 %、Si:1.0%以下、Mn:0.25 %以下、Cr: 20以上で25%未満、Ni: 30~50%、Al:0.5%以下、Ti: 0.01~0.50%、更に、Mo、W、およびVの1種または2種以上合計で: 0.5~5.0%、残部Feおよび不可避不純物から成る化学組成の合金に所定の加工を施した後、その合金の炭化物の完全固溶温度(T℃)以上でT+100℃以下の温度範囲に1分以上保持する第1の熱処理と、添付の図1に示すA点とB点、B点とC点、C点とD点、D点とE点、およびE点とA点をそれぞれ結ぶ直線で囲まれる領域内の温度および保持時間での第2の熱処理とを施すことを特徴とする請求項3の合金の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、被曝性が低く、かつ耐アルカリ腐食性が良好で、加圧水型軽水炉(PWR)の蒸気発生器伝熱管のような高温高压水環境で用いられる熱交換器材料として特に好適なNi-Cr合金に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、高温高压水に曝される軽水炉(PWR)の蒸気発生器用などの材料としては特開昭55-122863公報、同59-85850公報、同58-67854公報、同60-50134公報等が開示されているようなNiが58%以上のAlloy 60

0(商品名、75%Ni-15%Cr-9%Fe合金)やAlloy 690(同、60%Ni-30%Cr-9%Fe合金)などのNi基合金が用いられてた。

【0003】しかし、放射線被曝の観点からは各核種の出すγ線エネルギーが重要であり、それを考慮して線量率への寄与の内訳をみると、図5(日本原子力学会編「原子炉冷却系の水化学」より)に示すように、Niが放射化されて生ずる<sup>58</sup>Coが70%を占め、Coが放射化された場合に生ずる<sup>60</sup>Coが23%程度を占める。次いで<sup>54</sup>Mnが10%程度を占める。<sup>51</sup>Crは崩壊当たり放出されるγ線のエネルギーが0.3MeVと弱く、その発生率も低いため線量率寄与は非常に小さい。従って、放射線被曝の少ない、低被曝性の合金を得るには、合金成分中の<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>54</sup>Mnとなる成分、即ち、Ni、Co、Mnなどの含有量が低い方が望ましい。

【0004】Coは、Ni原料の中に不可避免的に随伴してくるのであるが、現在すでにCoが0.03%以下の低いNi原料が得られており、かかる低Coの原料を使用すれば合金中のCoを極く低いレベルに抑えることが可能である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、合金の被曝性を低くするためにNiとMnの含有量を抑えながら、しかも耐食性等の特性において従来の合金に劣らない合金とその製造方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、下記の合金とその製造方法を要旨とする。

【0007】(1)重量%で、C:0.012~0.070 %、Si:1.0%以下、Mn:0.25 %以下、Cr: 20以上で25%未満、Ni: 30~50%、Al:0.5%以下、Ti: 0.01~0.50%、残部Feおよび不可避不純物から成る化学組成と、Cr炭化物が結晶粒界に析出しており、しかもこの粒界近傍にCr欠乏層がない組織とを有する低被曝性で耐アルカリ腐食性の良好なNi-Cr合金。

【0008】(2)上記(1)記載の成分に加えて更に、Mo、W、およびVの中の1種以上を単独または合計で0.5~5.0%含有する化学組成と、上記(1)の合金と同じ組織を持つ低被曝性で耐アルカリ腐食性の良好なNi-Cr合金。

【0009】(3)上記(1)または(2)の化学組成の合金に所定の加工を施した後、それらの合金の炭化物の完全固溶温度(T℃)以上でT+100℃以下の温度範囲に1分以上保持する第1の熱処理と、添付の図1に示すA点とB点、B点とC点、C点とD点、D点とE点、およびE点とA点をそれぞれ結ぶ直線で囲まれる領域内の温度および保持時間での第2の熱処理とを施すことを特徴とする上記(1)または(2)の合金の製造方法。

【0010】なお、図1のA点~E点とは、下記の点である。

【0011】

A点・・・時間：0.03時間、温度：875℃

B点・・・時間：0.03時間、温度：800℃

C点・・・時間：0.1時間、温度：750℃

D点・・・時間：100時間、温度：600℃

E点・・・時間：100時間、温度：875℃

#### 【0012】

【作用】以下、まず本発明の合金の化学組成および組織について説明し、次に本発明合金の製造方法について説明する。

#### 【0013】(1) 本発明の合金について

本発明の合金は、被曝性を小さくするためにNiおよびMnの含有量を従来の同じ目的で使用される合金に比較して低く規制したことが大きな特徴であるが、以下に述べる各合金成分と組織の総合的な作用によって、後述の優れた特性をもつに到る。

【0014】① 合金の化学組成（以下、成分含有量の％は重量％を意味する。）

Cは、0.012%未満では合金の強度が不足し、0.070％を超えると耐応力腐食れ性が劣化するので0.012％～0.070％以下とする。

【0015】Siは、鋼の脱酸のために必要であるが、含有量が1.0％を超えると合金の溶接性や清浄度を低下させるので1.0％以下とする。

【0016】Mnは、先に述べたように放射化されると<sup>54</sup>Mnとなり被曝の原因の1つとなるので低い方が好ましいが、合金の熱間割れの原因となるSの固定や脱酸のためにある程度の添加は必要であるから、本発明では含有量の上限を0.25％とする。

【0017】Niは、放射化されると<sup>58</sup>Coとなり、これは最も放射線被曝に対する線量率の寄与の大きい元素であり、合金を低被曝性にするには低い方が好ましい。しかし、Ni含有量が30%未満では、合金の高温水中での耐粒界応力腐食割れ性が劣るので30%以上の含有量が必要である。これ以上であれば、50%以下でも本発明合金の主な用途（高温高圧水環境で使用する熱交換器用材料）において十分な耐食性が得られるので、上限は50%とする。

【0018】Crは、本発明合金の耐食性を維持するために必要不可欠な元素であり、20%未満では上記の用途において要求される耐食性が確保できない。一方、Crが25%以上になると濃厚アルカリ環境でかえって全面腐食が大きくなる。よって、本発明においてはCr含有量を20%以上で25%未満とする。なお、PWR用蒸気発生器管の二次系水処理でアルカリ腐食が問題となることがあるので、かかる用途に使用する材料には耐アルカリ腐食性も重視される。

【0019】Alは、合金の脱酸元素として必要であるが、その含有量が0.5％を超えると合金の清浄度を低下させるから0.5％以下に制限する。

【0020】Tiは、0.01%以上含有させることによって

合金の熱間加工性を向上させる。しかし、含有量が0.50％を超えるとその効果は飽和するから、0.01～0.50%の含有量が適当である。

【0021】本発明合金の一つは、上記の成分の外、Feおよび不可避の不純物からなる。不可避不純物の中、PとSは製練過程において混入するものであるが、いずれも多すぎると耐食性に悪影響を及ぼすので、それぞれ0.015%以下に抑えるのが望ましい。また、Coは前述のように放射化されて半減期の長い<sup>60</sup>Coとなり合金の被曝性を著しく高めるので、可及的に少ない方がよい。溶解原料（Ni源）として低コバルト原料を用い、合金中のCo含有量が0.03%以下となるようにするのが好ましい。

【0022】本発明合金のもう一つは、これまでに述べた成分に加えて更にMo、W、およびVからなる群の元素の1種以上を含有するものである。これらは、いずれも合金の耐孔食性向上に有効な元素である。特にCl<sup>-</sup>イオンを含む高温水中における耐孔食性を向上させる。1種あるいは2種以上の合計含有量が0.5%未満では不働態皮膜が強化されないため孔食防止の効果が乏しい。好ましい含有量は1.0%以上である。一方、その含有量が5.0%を超えても効果の増大はなく、合金の熱間加工性を劣化されるという悪影響が現れる。従って、これらを含む合金の場合には1種または2種以上の合計含有量で0.5～5.0％の範囲とするのがよい。

#### 【0023】② 合金の組織（金属学的組織）

本発明合金の組織上の特徴は、結晶粒界およびその近傍にある。図2はこれを示す顕微鏡写真（倍率10000）の模写図である。図示のように、粒界には微細なCr炭化物が半連続的に析出しており、これによって粒界が強化され、耐粒界応力腐食割れ性が向上する。通常、このようなCr炭化物の析出があると、その近傍にはCr欠乏層ができて、高温水中での耐粒界応力腐食割れ性が劣化する。しかし、本発明合金には、そのCr欠乏層がなく、母地のCr濃度が均一であるから、このような弊害もない。

【0024】上記のような組織は、以下に述べる本発明の製造方法によってもたらされる。

#### 【0025】(2) 製造方法について

本発明の製造方法の基本的な思想は、焼鈍を可能な限り高温で行ってC（炭素）を十分に固溶させておき、その後600～900℃の温度でCr炭化物（Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub>）を粒界に半連続的に析出させ、かつ、Cr炭化物近傍のCr欠乏層も同時に回復させる熱処理を施すことにある。この熱処理により高温純水、および高温アルカリ水溶液中での粒界応力腐食割れ抵抗性の高い合金を得るものである。

#### 【0026】① 第1の熱処理（焼鈍）

前述の化学組成の合金を熱間加工および冷間加工によって所定の製品形状、例えば管、板、棒材等に加工した後、その合金の炭化物の完全固溶温度（T℃）以上でT+100℃以下の温度範囲に1分以上保持する。この時の保持温度（焼鈍温度）が、その合金の炭化物が完全に固



溶する温度 ( $T^{\circ}\text{C}$ ) よりも低いと、未固溶炭化物が生成し、引張強さ、0.2 %耐力、硬さなどが必要以上に大きくなるだけでなく、焼鈍後の冷却過程または次の熱処理の再加熱保持過程で粒界に生成するCr炭化物が減少し、耐粒界応力腐食割れ性が低下する。一方、( $T+100^{\circ}\text{C}$ ) を超える温度での保持では結晶粒度が著しく粗大化し、耐食性(耐粒界応力腐食割れ性)が低下するとともに引張強さ、0.2 %耐力、硬さなどにおいても所定の特性が得られなくなる。従って、第1の熱処理の保持温度は $T^{\circ}\text{C}$ 以上で $T+100^{\circ}\text{C}$ 以下としなければならない。なお、この温度範囲の中でも( $T+20$ ) $^{\circ}\text{C}$ から( $T+80$ ) $^{\circ}\text{C}$ までの温度域がとくに好ましい。

【0027】本発明合金の炭化物完全固溶温度 ( $T^{\circ}\text{C}$ ) はC含有量によって図3に示すように変化する。0.02% Cでおおよそ1000 $^{\circ}\text{C}$ 、0.03% Cでおおよそ1050 $^{\circ}\text{C}$ である。従って、第1の熱処理の実際の保持温度(焼鈍温度)は、図3に見られるように0.02% Cで1000~1100 $^{\circ}\text{C}$ 、0.03% Cで1050~1150 $^{\circ}\text{C}$ になる。

【0028】この第1の熱処理の保持時間は1分以上が必要である。これは鍛造等の熱間加工の際に析出した炭化物を完全に固溶させるためである。保持時間の上限は、実作業上60分程度となる。

#### 【0029】② 第2の熱処理

第1の熱処理の後、添付の図1に示すA点とB点、B点とC点、C点とD点、D点とE点、およびE点とA点をそれぞれ結ぶ直線で囲まれる領域(斜線部)の温度および保持時間での第2の熱処理を施す。

【0030】この熱処理は、前の熱処理で固溶させたCをCr炭化物( $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$ )として粒界に半連続状に析出させること、およびCr炭化物近傍のCr欠乏層を回復させることが目的である。かかる作用は、熱処理の温度と保持時間に依存し、原理的には高温では短時間でよく、低温では長時間を要する。多数の実験結果から、上記の目的が達成される範囲として確認されたのが図1の斜線部の領域である。

【0031】保持時間については、図1に示すように800~875 $^{\circ}\text{C}$ の温度範囲では0.03時間以上、800 $^{\circ}\text{C}$ 以下では温度低下と共に保持時間が長くして、粒界に十分な量のCr炭化物を析出させる。また、同時に母地のCrを粒界に拡散させて粒界近傍のCr濃度の低下を補って均一化し、Cr欠乏層を回復させて粒界の強化を図る。図1のA B, B C, C D線より短い時間では粒界に十分な量のCr炭化物( $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$ )を析出させることはできないので、それらの線で示させる以上の時間とする。保持時間が長ければ長いほどCr炭化物の析出が多くなって好ましいが、100時間も処理すると析出量が飽和に近くなる。

【0032】処理温度については、875 $^{\circ}\text{C}$ を超えると本発明合金のCr炭化物の生成温度域から外れ、Cr炭化物の析出がほとんど起こらなくなる。また、600 $^{\circ}\text{C}$ 以下では100時間以上の保持が必要になり製造効率が悪くなる。

従って、600~875 $^{\circ}\text{C}$ の温度間が好ましい。このような温度での保持の後の冷却条件には特に制約はない。

【0033】第2の熱処理は、第1の熱処理の後、いったん室温付近まで冷却してから行ってもよいし、第1の熱処理の後の冷却過程で徐冷または段階的に冷却して、600~875 $^{\circ}\text{C}$ 間のトータルの保持時間が図1の斜線部に入るようにしてもよい。

#### 【0034】

【実施例】表1に示す化学組成を有する合金を真空溶解法で溶製し、鍛造、熱間圧延して厚さ7mmにし、次いで厚さ4.9mmまで冷間圧延した。

【0035】表1のNo. 1~10は本発明合金、No. 11と12は比較検討のために溶製した既存の合金(Alloy 600)である。これらの合金の炭化物完全固溶温度 ( $T^{\circ}\text{C}$ ) も表1に示す。

【0036】第1の熱処理(焼鈍)は、表2に示す各温度( $T+50^{\circ}\text{C}$ )で20分保持した後、室温まで空冷して行った。

【0037】第2の熱処理(低温熱処理)は、表2に示すようにそれぞれの合金について、2条件ずつ実施した。

【0038】得られた試験片を用い(a)アルカリ応力腐食割れ試験、(b)  $\text{Cl}^-$  含有高温水中における孔食試験、および(c)高温純水中における金属(NiおよびMn)溶出量測定を行った。それぞれの試験条件および試験結果は次のとおりである。

【0039】(a)アルカリ応力腐食割れ試験  
合金1および11に対して、図4に示す種々の温度、時間での低温熱処理を施した。これらの材料から厚さ2mm×幅10mm×長さ75mmの応力腐食割れ試験片を作製し、エメリー紙320番で研磨した後U字型に曲げてボルト・ナットで拘束し、オートクレーブ容器内において325 $^{\circ}\text{C}$ 、脱気30%NaOH水溶液中に1000時間浸漬して、浸漬終了後割れ深さを光学顕微鏡で測定した。

【0040】図4中の記号「○」が合金1、記号「◇」が合金11であり、また記号○、◇は割れ深さが25 $\mu\text{m}$ 未満の場合を、記号●、◆は割れ深さが25 $\mu\text{m}$ 以上の場合をそれぞれ示す。この結果から、本発明で定める条件で第1の熱処理を行った後、図1の点A B C D Eで囲まれた領域で熱処理を施した本発明合金は耐アルカリ応力腐食割れ性が良好であると言える。

#### 【0041】(b)孔食試験

No. 1~12のすべての合金に対して700 $^{\circ}\text{C}$ で0.1時間および10時間の低温熱処理を施し、厚さ3mm×幅10mm×長さ40mmの腐食試験片を作製した。この試験片をエメリー紙320番で研磨した後オートクレーブ容器内において300 $^{\circ}\text{C}$ 、排脱気100ppm  $\text{Cl}^-$  イオン(NaCl使用)含有水中で1000時間浸漬後、孔食発生状況を光学顕微鏡で調べた。

【0042】表2に結果を示す。表中、記号「○」は孔食発生が全く見られない場合、「△」は孔食がわずかに

見られる場合、「×」は孔食が多数見られる場合をそれぞれ示す。表 2 から本発明合金は耐孔食性が良好であり、とくにMoの単独添加合金、MoとV、Wの複合添加合金は極めて耐孔食性に優れている。

【0043】 (c) 金属溶出量の測定

上記 (b) の孔食試験と同じ試験片をエメリー紙 320番研磨の後、オートクレーブ容器自身からの金属溶出を防止するためにチタン製オートクレーブ容器 (容量1リットル) を用いて、脱気した325 ℃の純水中に各 4 枚ずつ30

00時間浸漬した。試験後の水溶液中のNiおよびMn溶出イオン量を ICP (高周波誘導プラズマ発光分光法) で測定した。結果を表 2 に併記する。

【0044】 表 2 から明らかなように、本発明合金は、NiおよびMnの溶出量が少なく、従来合金 (No. 11、12のインコネル600) に比べて被曝性が著しく低くなっている。

【0045】

【表 1】

【0046】

【表1】

合金	成分														炭化物 完全溶解 温度 ℃
	Nb	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Ti	Al	Mo	W	V	Co	
本 発 明 合 金															
1	0.021	0.32	0.13	0.010	0.001	0.001	41.1	23.4	0.23	0.15	-	-	-	0.025	1005
2	0.023	0.33	0.11	0.008	0.001	0.001	41.9	22.9	0.26	0.15	2.65	-	-	0.025	1012
3	0.021	0.30	0.11	0.010	0.002	0.002	40.3	23.9	0.23	0.13	1.03	1.76	1.98	0.021	1015
4	0.027	0.29	0.12	0.009	0.001	0.001	41.0	23.3	0.20	0.13	-	-	-	0.028	1050
5	0.037	0.30	0.11	0.009	0.001	0.001	41.6	23.3	0.21	0.13	-	-	-	0.028	1100
6	0.045	0.30	0.11	0.008	0.001	0.001	41.4	23.4	0.20	0.15	-	-	-	0.022	1152
7	0.047	0.31	0.12	0.009	0.001	0.001	41.2	23.7	0.21	0.15	-	2.21	-	0.026	1160
8	0.046	0.30	0.11	0.008	0.001	0.001	41.0	23.2	0.21	0.13	-	-	2.63	0.025	1159
9	0.045	0.30	0.12	0.008	0.001	0.001	40.9	23.6	0.21	0.15	2.50	1.96	-	0.027	1165
10	0.046	0.29	0.12	0.008	0.001	0.001	41.1	23.6	0.22	0.15	2.60	-	1.90	0.028	1165
11	0.021	0.30	0.51*	0.011	0.001	0.001	75.3*	15.9*	0.22	0.15	-	-	-	0.027	985
12	0.045	0.29	0.55*	0.010	0.001	0.001	75.0*	16.1*	0.20	0.14	-	-	-	0.029	1065
比 較 合 金															

(注) \* は本発明で定める範囲外のもの。

【例2(1)】

【表 2 ( 1 )】

合金 No	第 1 熱処 理の温度 (°C)	第 2 熱処 理 の温度および 保 持 時 間	耐孔食性 の 判 定	金属溶出量(mg/ℓ)	
				Ni	Mn
1	1050	700 °C-0.1h	△	2.2	0.20
		700 °C-10 h	△	2.1	0.20
2	1062	700 °C-0.1h	○	1.8	0.15
		700 °C-10 h	○	1.8	0.15
3	1065	700 °C-0.1h	○	0.9	< 0.1
		700 °C-10 h	○	0.9	< 0.1
4	1100	700 °C-0.1h	△	2.1	0.19
		700 °C-10 h	△	2.1	0.19
5	1150	700 °C-0.1h	△	2.0	0.18
		700 °C-10 h	△	2.0	0.18
6	1200	700 °C-0.1h	△	2.0	0.19
		700 °C-10 h	△	2.0	0.19

【0047】

【表 2 ( 2 )】

【表 2 ( 2 )】

合金 No	第 1 熱処 理の温度 (°C)	第 2 熱処 理 の温度および 保 持 時 間	耐孔食性 の 判 定	金属溶出量(mg/ℓ)	
				Ni	Mn
7	1210	700 °C-0.1h	○	1.7	0.16
		700 °C-10 h	○	1.7	0.16
8	1210	700 °C-0.1h	○	1.6	0.15
		700 °C-10 h	○	1.6	0.15
9	1210	700 °C-0.1h	○	1.2	0.12
		700 °C-10 h	○	1.2	0.12
10	1210	700 °C-0.1h	○	1.1	0.10
		700 °C-10 h	○	1.1	0.10
11	1040	700 °C-0.1h	△	15.9	1.33
		700 °C-10 h	△	15.0	1.32
12	1100	700 °C-0.1h	△	18.1	1.44
		700 °C-10 h	△	17.6	1.41

【0048】

【発明の効果】 実施例にも示したとおり、本発明合金



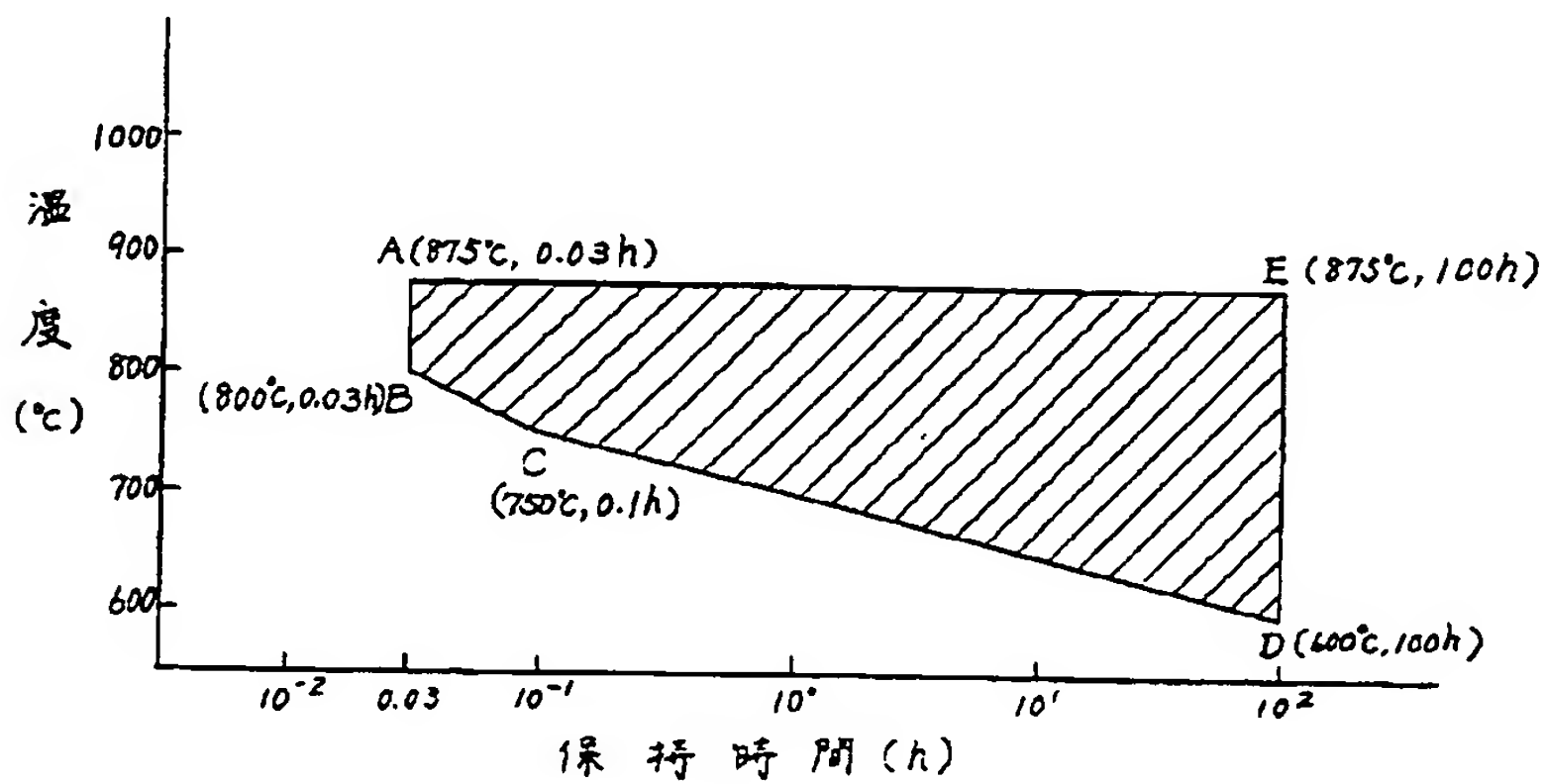
は、被曝への線量率寄与の大きいNiおよびMnの溶出量が少なく、また濃厚アルカリ環境においても耐全面腐食性および耐粒界応力腐食割れ性にすぐれている。従って、本発明合金は PWRの蒸気発生管や化学工業プラントの熱交換器管等の材料として実用性が極めて高い。

【0049】本発明の合金は、第1、第2の熱処理を特徴とする本発明の製造方法で比較的簡単に製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の合金の製造方法における第2の熱処理の温度と保持時間の適正範囲を示す図である。

【図1】



【図2】

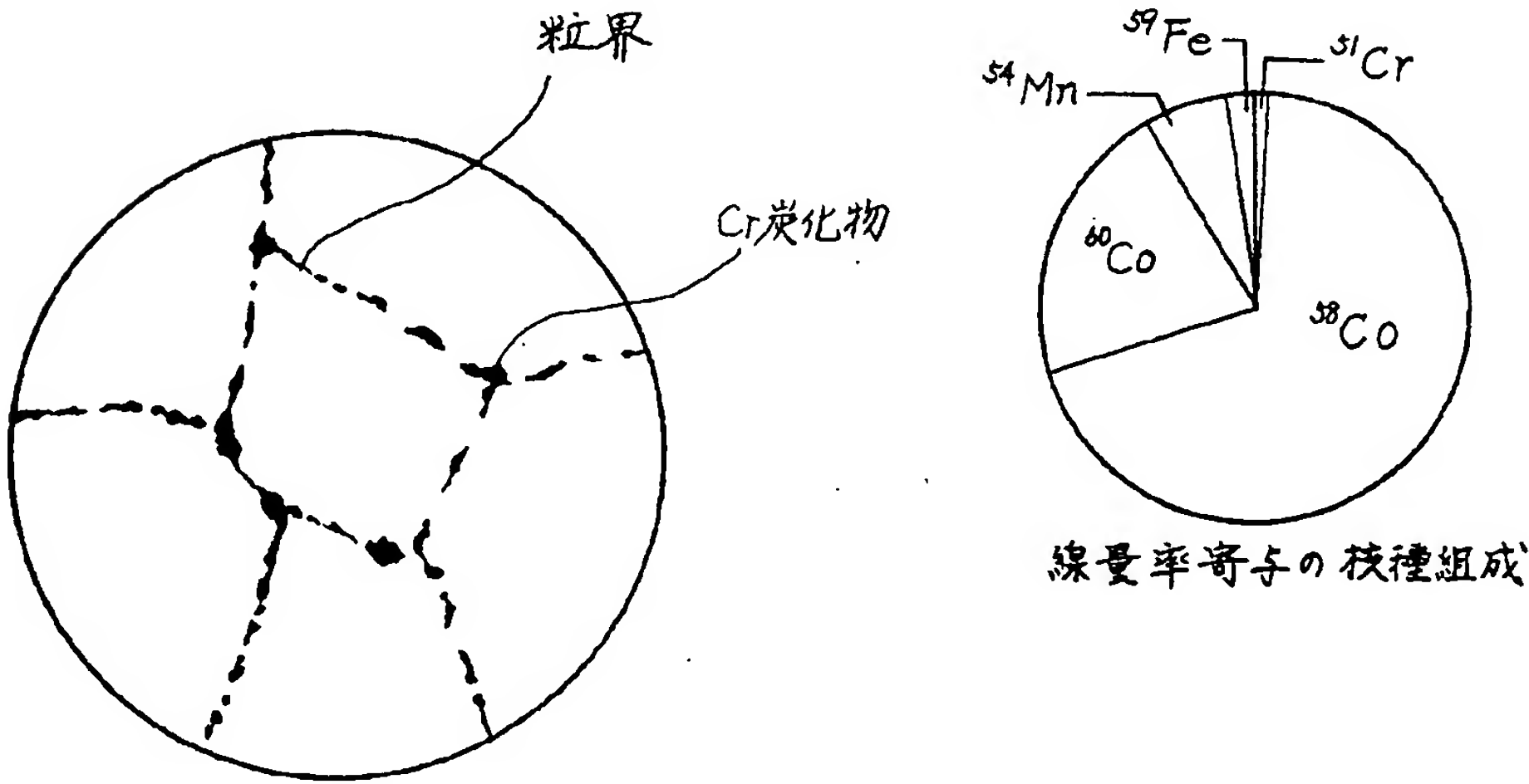
【図2】本発明合金の顕微鏡組織（倍率 10000）の模写図である。

【図3】本発明合金のC含有量と炭化物完全固溶温度（T℃）との関係、および第1の熱処理の適正温度範囲を示す図である。

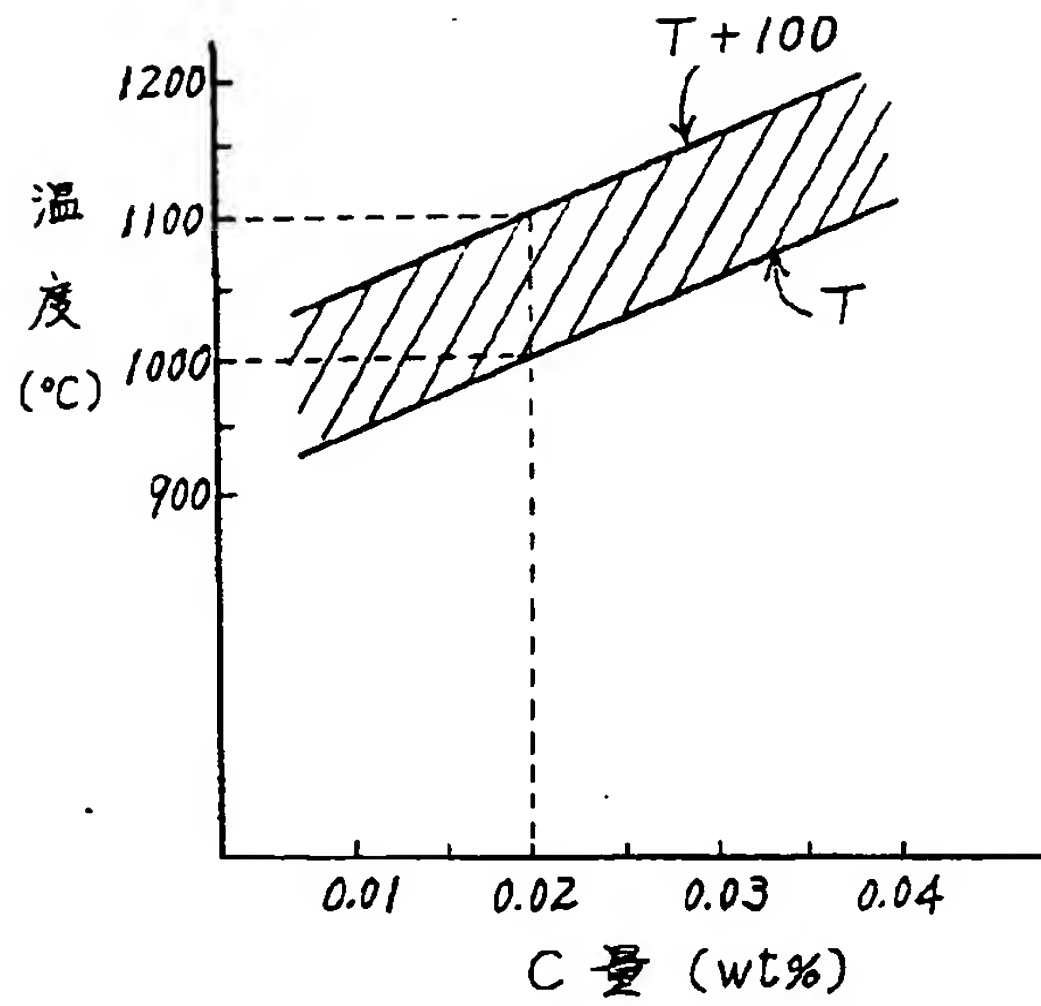
【図4】本発明合金と従来の合金の耐アルカリ粒界応力腐食割れ性を第2の熱処理の温度および保持時間に対してプロットした図である。

【図5】被曝に対する線量率寄与の核種組成を示す図である。

【図5】



【図3】



【図4】

